



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 645/96

Oppdragsgiver

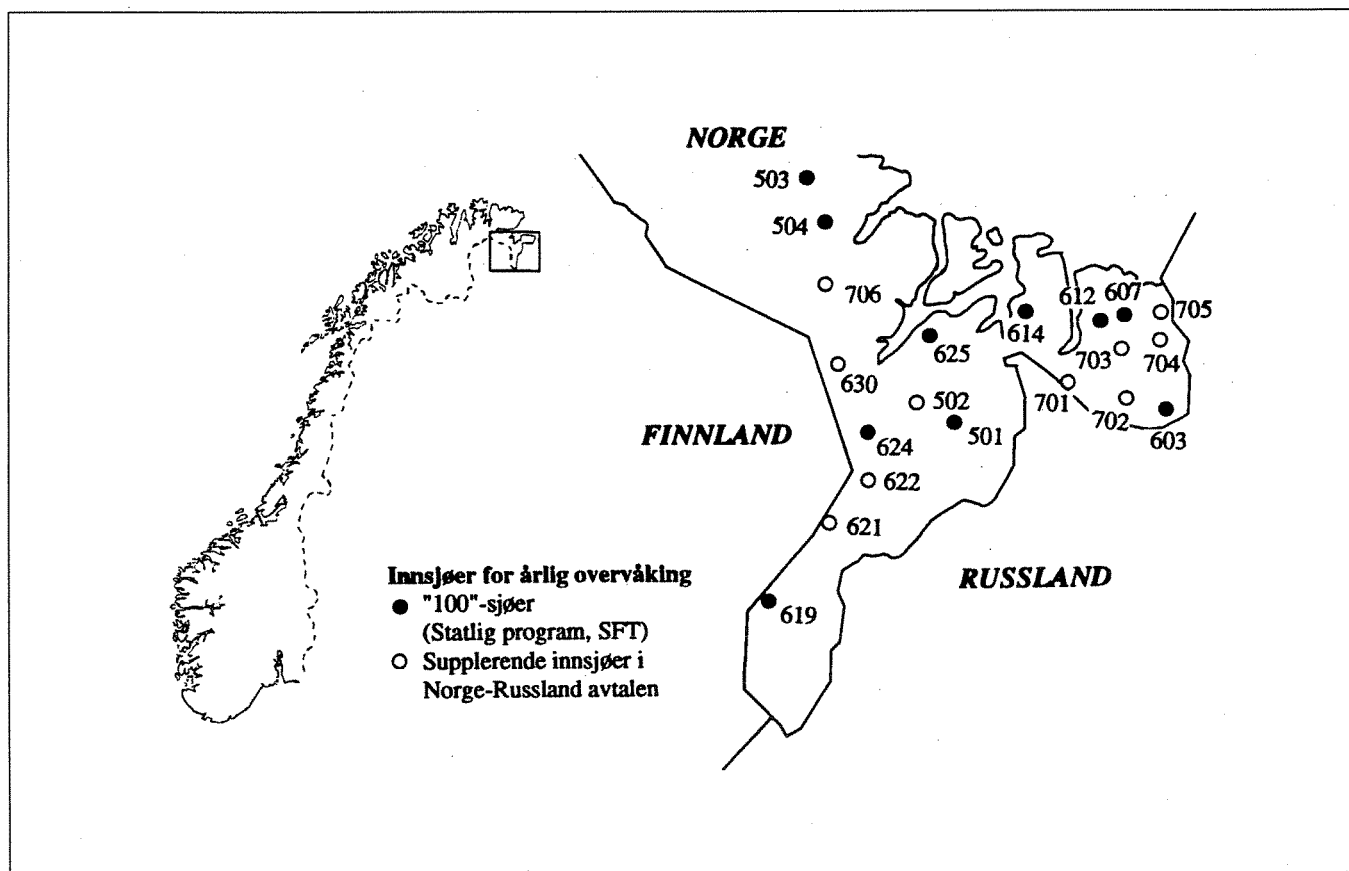
Statens forurensningstilsyn

Utførende
institusjoner

Norsk institutt for vannforskning
Fjelltjenesten i Finnmark

Forsuring og tungmetallforurensning i grenseområdene Norge/Russland

Årsrapport for 1995



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-89187	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3458-96	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Forsuring og tungmetallforurensning i grenseområdene Norge/Russland. Årsrapport for 1995.	Dato: 10.02.1996 Trykket: NIVA 1996
	Faggruppe: Sur nedbør
Forfatter(e): Tor S. Traaen Sigurd Rognerud	Geografisk område: Sør-Varanger
	Antall sider: 21 Opplag:

Oppdragsgiver: Statens Forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref.:
---	-------------------------

Ekstrakt:
Vannkjemisk overvåking av innsjøer i Sør-Varanger har de siste årene vist klar utvikling mot lavere konsentrasjoner av sulfat og labilt aluminium, og økende pH og ANC. Årsaken er redusert svovel-deposisjon som følge av reduserte utslipp fra Pechenganickel. Overvåkingen har vist at innsjøene i området viser en rask forbedring i vannkvalitet når svovelavsetningen reduseres. Konsentrasjonene av nikkel og kobber i innsjøene viser ingen klar endring. Det er sannsynlig at konsentrasjonene av Ni og Cu i innsjøsedimenter og jordsmonn stadig vil øke og at det er nødvendig med betydelige reduksjoner i avsetningene av disse elementene før denne trenden kan snus. Det er derfor viktig at tungmetallkontamineringen i området overvåkes i årene fremover.

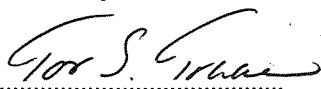
4 emneord, norske

1. Forsuring
2. Tungmetaller
3. Svoveldeposisjon
4. Nikkel-smelteverk

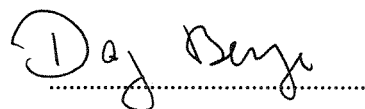
4 emneord, engelske

1. Acidification
2. Heavy metals
3. Sulphur deposition
4. Nickel smelter

Prosjektleder



For administrasjonen



ISBN 82-577-2995-7

O-89187

**FORSURING OG TUNGMETALLFORURENSNING
I
GRENSEOMRÅDENE NORGE / RUSSLAND
Årsrapport for 1995.**

Oslo, februar 1996

Prosjektleder: Tor S. Traaen, NIVA

Medarbeidere: Arne Henriksen, NIVA
Sigurd Rognerud, NIVA

Fjelltjenesten i Finnmark

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
2. VANNKJEMISK OVERVÅKING AV INNSJØER	4
2.1 Forsuring	4
2.2 Tungmetaller i vann	9
3. OVERVÅKNING AV TUNGMETALLAVSETNING I INNSJØSEDIMENTER	12
3.1 Innledning	12
3.2 Metoder	12
3.3 Resultater	13
3.4 Diskusjon	15
LITTERATUR	17
VEDLEGG	19

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.

I "1000"-sjøers undersøkelsen i 1986 ble 34 innsjøer i Sør-Varanger undersøkt. 10 av disse innsjøene har senere inngått i den årlige "100"-sjøers undersøkelsen. I 1987 ble den årlige undersøkelsen utvidet med 6 småvann på Jarfjordfjellet. I forbindelse med det norsk-sovjetiske samarbeide om miljøundersøkelser i grenseområdene ble ytterligere 10 innsjøer inkludert i overvåkingsprogrammet fra 1989.

Undersøkelsene i 1986 viste at konsentrasjonen av sjøsaltkorrigeret sulfat i innsjøene øst for Kirkenes var mer enn fordoblet siden 1966. Sulfatkonsentrasjonene lå på det samme nivå som de mest belastede innsjøene i Sør-Norge, og mange innsjøer hadde mistet det meste av motstandskraften mot ytterligere forurening. Det ble senere registrert en rekke småvann med pH under 5.0 og konsentrasjoner av labilt aluminium som er giftig for fisk. Den geografiske fordeling av sjøsaltkorrigeret sulfat i innsjøene viser klare gradienter ut fra smelteverkene og er i samsvar med de fremherskende vindretninger i området.

Innsjøovervåkingen frem til 1991 viste ingen signifikant endring i vannkjemien etter 1986. Fra 1991 til og med 1995 har det vært en klar bedring av vannkvaliteten i overvåkingssjøene øst for Kirkenes. Konsentrasjonene av sulfat og labilt aluminium har gått ned, mens pH og ANC har økt. I perioden 1991-1995 ble midlere sulfatkonsentrasjon for de 9 overvåkingssjøene øst for Kirkenes redusert fra 101 til 92 $\mu\text{ekv/l}$ og pH økte fra 5.74 til 5.96. I samme periode ble midlere sulfatkonsentrasjon i 6 småvann på Jarfjordfjellet redusert fra 100 til 81 $\mu\text{ekv/l}$, pH økte fra 5.00 til 5.24, labilt aluminium ble redusert fra 80 til 36 $\mu\text{g/l}$ og ANC økte fra -19 til -5 $\mu\text{ekv/l}$.

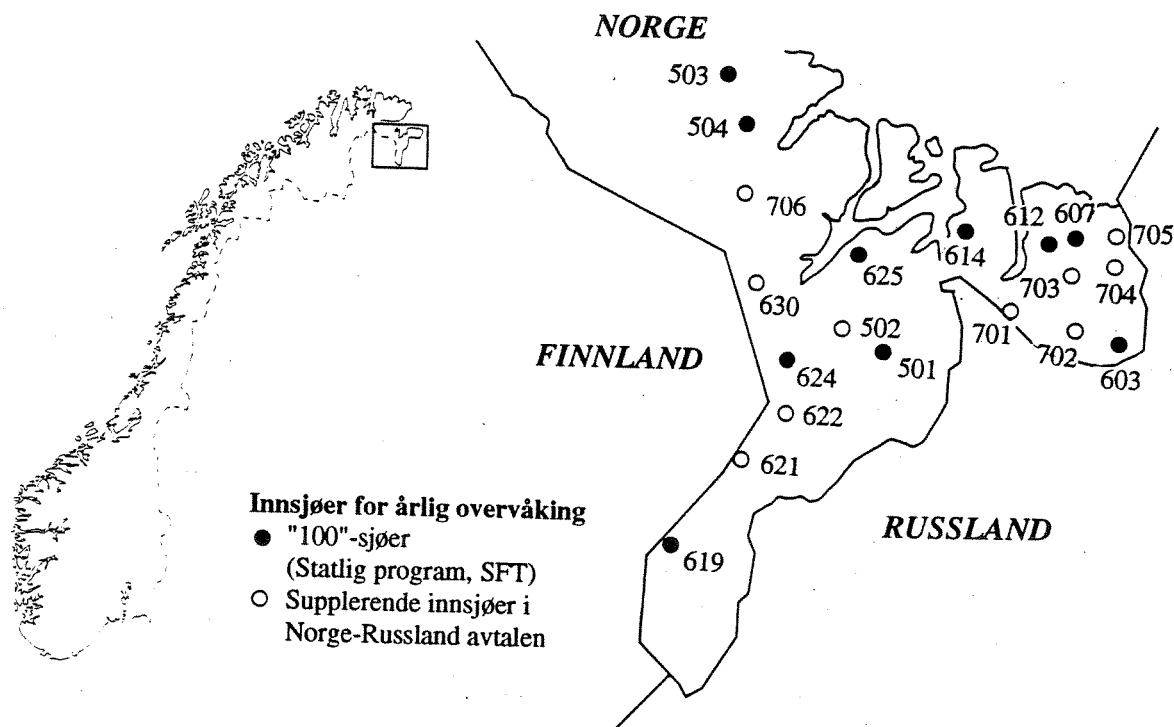
Det er godt samsvar mellom NILUs målinger av svoveldeposisjonen på Svanvik og konsentrasjoner av sulfat i innsjøene øst for Kirkenes. Sammenhengen er best mellom sulfatkonsentrasjon ett år og svoveldeposisjonen foregående år. Dette har trolig sin årsak i oppholdstiden til sulfat i nedbørfeltet og selve innsjøen. Av samme årsak reagerer småvannene på Jarfjordfjellet raskere på reduserte svoveldeposisjoner enn de store overvåkingssjøene i det samme området.

Den geografiske fordeling av tungmetallene nikkel og kobber viser et lignende mønster som for sulfat. Gradientene er imidlertid mer markert enn for sulfat fordi metallene er knyttet til partikler som avsettes relativt nær utslippsstedet. De høyeste konsentrasjonene på norsk side finnes i grenseområdet mot Russland mellom Kirkenes og Grense-Jakobselva. Siden 1989 har gjennomsnittsverdien av nikkel for de 9 overvåkingssjøene øst for Kirkenes ligget mellom 6 og 8 $\mu\text{g/l}$. Midlere kobberkonsentrasjoner har vært nær 2 $\mu\text{g/l}$ i hele perioden. Tilsvarende konsentrasjoner for småvannene på Jarfjordfjellet var 8 -11 $\mu\text{g/l}$ Ni og 2 -3 $\mu\text{g/l}$ Cu. Det er ingen klar tidsutvikling i materialet fra 1989 til 1995, men de 3 siste årene har nikkelskonsentrasjonene vist en svak økning.

Det er klare indikasjoner på at konsentrasjonene av nikkel, kobber, arsen, kadmium og sink er økende i sedimentert materiale etter 1990. Dette har sannsynligvis en sammenheng med en økt konsentrasjon i materialet som tilføres innsjøene fra nedbørfeltet. Dette til tross for at deposisjonene synes å ha vært nær de samme siden slutten av 80-årene. Målinger og beregninger tyder på at mengden av akkumulerte tungmetaller i jordsmonn og sedimenter stadig øker. En fortsatt overvåking vil vise om denne trenden vil holde seg i årene fremover.

2. VANNKJEMISK OVERVÅKING AV INNSJØER.

I forbindelse med "1000-sjøers"-undersøkelsen i 1986 ble det prøvetatt 34 innsjøer i Sør-Varanger. Fra 1987 har det vært årlig prøvetaking av 10 av disse innsjøene. Fra 1987 ble programmet utvidet med årlig prøvetaking av 6 små innsjøer på Jarfjordfjellet. I 1989 ble ytterligere 10 innsjøer inkludert i den årlige overvåkingen. Beliggenheten av overvåkings-sjøene i Sør-Varanger er vist i figur 2.1.



Figur 2.1 Beliggenhet av innsjøer i overvåkingsprogrammet i Sør-Varanger.

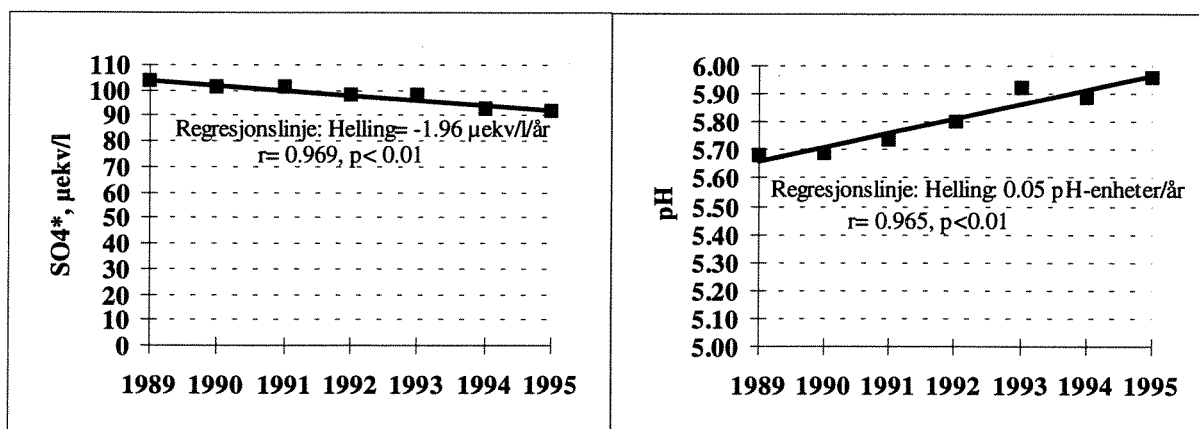
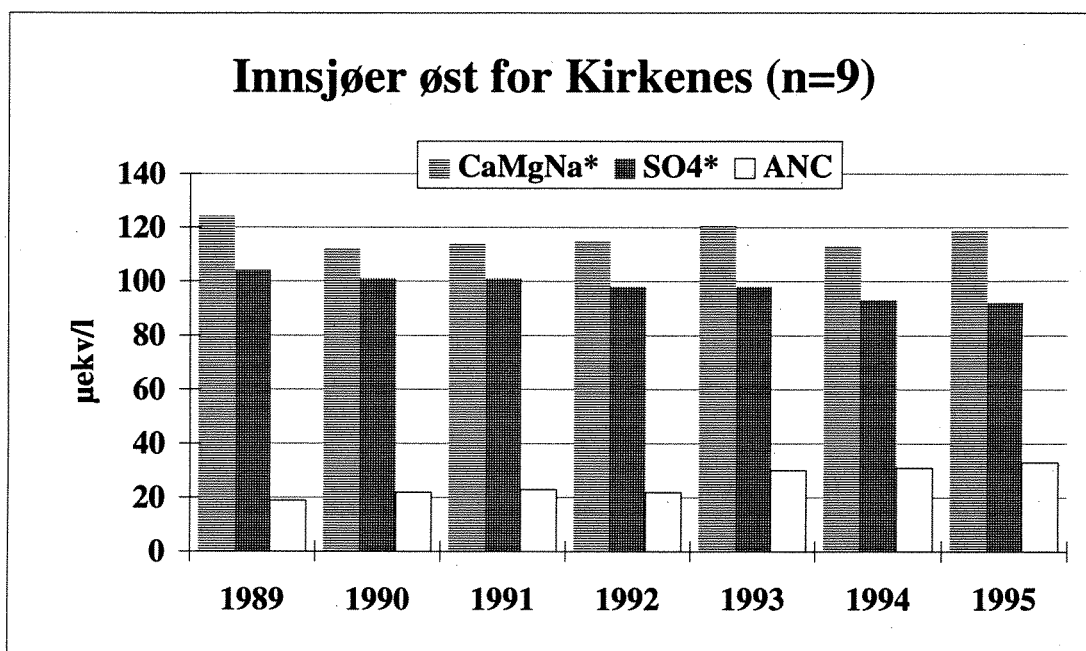
"100"-sjøene er prøvetatt årlig fra 1986. De øvrige innsjøene er prøvetatt årlig fra 1989. I tillegg er 6 små innsjøer på Jarfjordfjellet (i området rundt innsjø nr. 612) prøvetatt årlig fra 1987. Innsjønavn og beliggenhet er vist i vedlegget.

2.1 Forsuring.

Undersøkelsene i 1986 (Traaen 1987) viste at innsjøene i Sør-Varanger var betydelig forsuret. Innsjøene i området mellom Kirkenes og Grense-Jakobselv var sterkest påvirket. Konsentrasjonene av sulfat i innsjøene var mer enn fordoblet siden 1966 og var på samme nivå som de mest utsatte innsjøene på Sørlandet. Selv større innsjøer hadde lite igjen av sin opprinnelige motstandskraft mot forsuring. De fleste større innsjøene hadde allikevel en gjenværende bufferkapasitet som medførte at fisk fremdeles kunne overleve. Undersøkelser i 1987 -1989 viste imidlertid at det var en rekke små innsjøer, spesielt i Jarfjordområdet, som var for sure til at det kunne leve fisk der. Konklusjonen på undersøkelsene var at store områder i Sør-Varanger ville få omfattende skader og tap av fiskebestander hvis belastningen med sur nedbør fra smelteverkene på Kola-halvøya økte ytterligere.

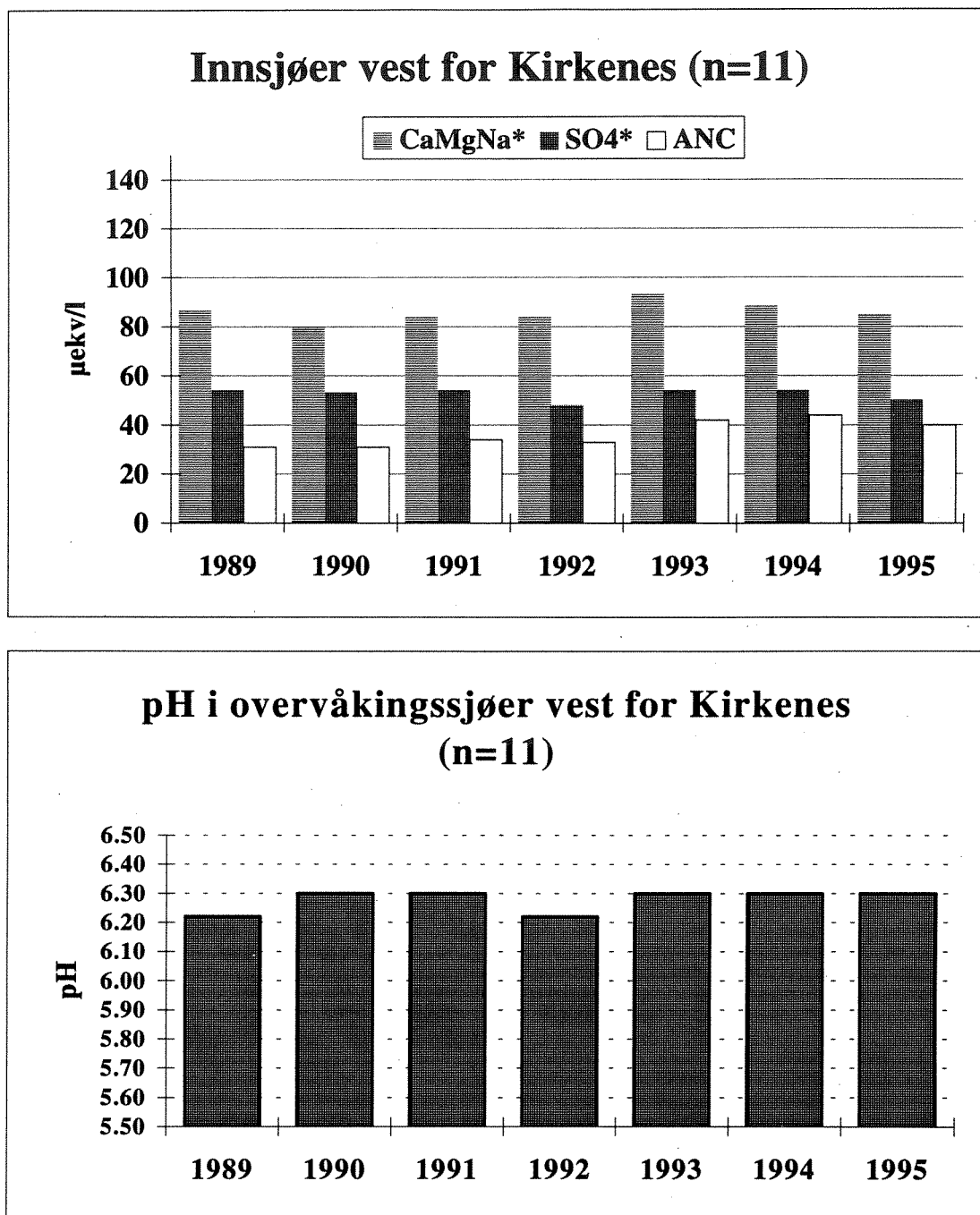
Innsjøovervåkingen frem til 1991 tydet på at forsuringsutviklingen hadde stoppet opp og stabilisert seg på 1986-nivået (Traaen 1991). I 1992 var pH-verdiene gjennomgående høyere enn tidligere i de mest forsuringsfølsomme og forurensningsbelastede innsjøene. Dette kunne i stor grad forklares ved redusert svoveldeposisjon og at sommeren 1992 var svært nedbørrik slik at forurensningene ble fortynnet. Den nedadgående trenden for sulfat og oppadgående trenden for pH fortsatte i 1993.

Kjemiske analyseresultater fra 1994 er vist i vedlegg. Figur 2.1 og 2.2 viser de viktigste forsuringsparametrene for innsjøene hhv. øst (n=9) og vest (n=11) for Kirkenes som har vært prøvetatt siden 1989. Figur 2.3 viser tilsvarende data for småvann på Jarfjordfjellet.



Figur 2.1. Forsuringsparametre for 9 overvåkingssjøer i Sør-Varanger øst for Kirkenes for perioden 1989 til 1994.

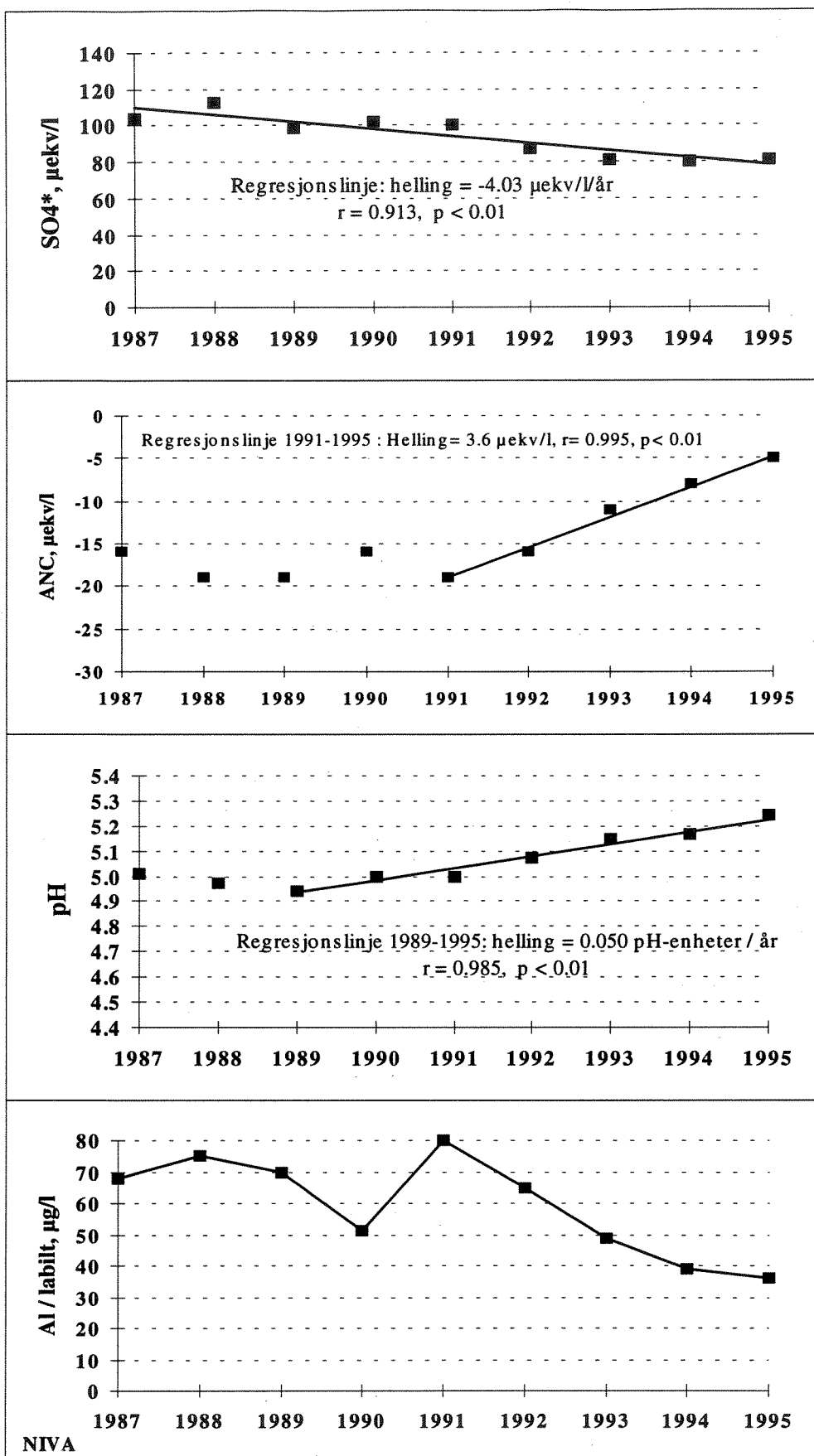
Middelverdier for basekationer (CaMgNa*), sulfat (SO4*), ANC og pH. Stjerne (*) angir sjøsaltkorrigerte verdier.



Figur 2.2 Forseringsparametre for overvåkingssjøene i Sør-Varanger vest for Kirkenes for perioden 1986 til 1993.

Middelverdier for basekationer (CaMgNa*), sulfat (SO₄*), ANC og pH.

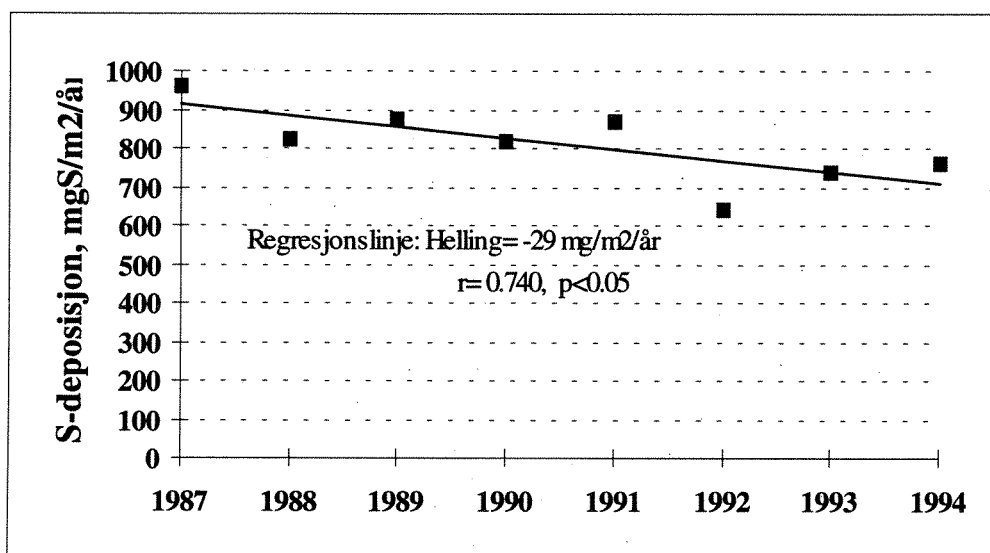
Sjerne (*) angir sjøsaltkorrigerte verdier.



Figur 2.3. Forsuringsparametre for 6 småvann på Jarfjordfjellet i 1987-1995. Middelerverdier for , sulfat (SO₄^{*}), ANC, pH og labilt aluminium.

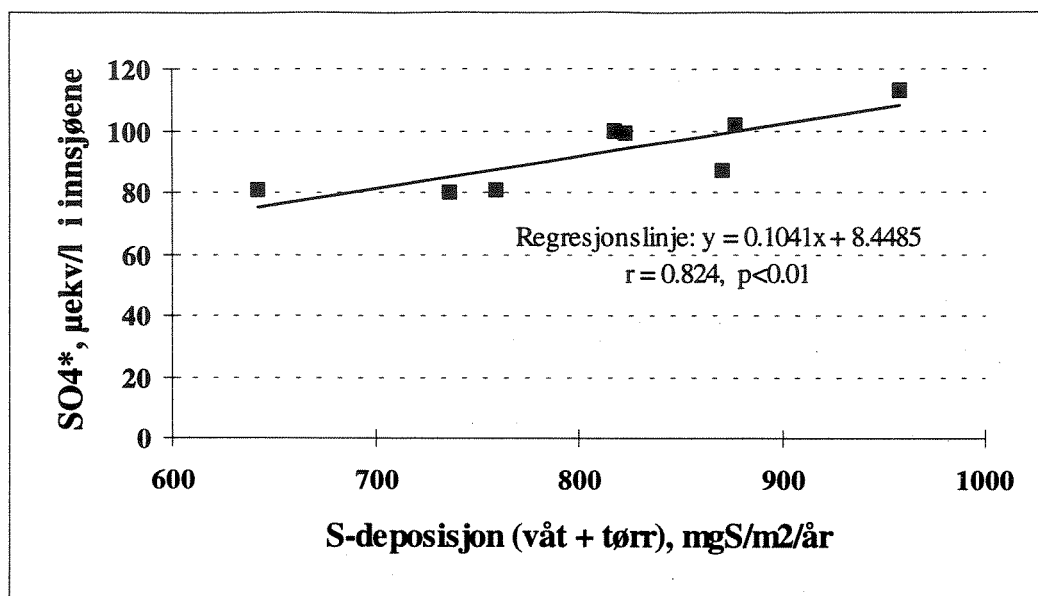
Det fremgår av Figur 2.1 og 2.2 at vannkjemien endret seg lite i perioden 1986 til 1991. De siste årenes markerte oppgang i pH i innsjøene øst for Kirkenes (Figur 2.1) og i småvannene på Jarfjordfjellet (Figur 2.3) fortsatte i 1995. Fra 1991 til 1995 økte midlere pH for de 9 overvåkingssjøene fra 5.74 til 5.96). I den samme perioden økte midlere pH i 6 småvann på Jarfjordfjellet fra 5.00 til 5.24. I innsjøer med lav forurensningsbelastning vest for Kirkenes var det ingen tendens i pH-resultatene.

I 1995 var sulfatkonsentrasjonene i overvåkingssjøene tilnærmet uendret fra 1994. Den synkende trenden i svoveldeposisjonen ved Svanvik synes også å ha stoppet opp. I 1993 og 1994 var det endog en viss økning i svoveldeposisjonen (Figur 2.4). Svoveldeposisjonen er allikevel markert lavere enn i årene frem til 1991. Overvåkingssjøene synes fremdeles å reagere positivt på den langsiktige nedadgående trenden i svovelbelastningen. I 1995 var både pH og ANC-verdiene de høyeste som er målt siden overvåkingen startet. Konsentrasjonene av labilt (giftig) aluminium i småvannene på Jarfjordfjellet var de laveste som er registrert siden målingene startet i 1987.



Figur 2.4. Svoveldeposisjon (våt + tørr) ved Svanvik for perioden 1987 til 1994.
Data fra Norsk Institutt for Luftforskning, NILU.

Det er godt samsvar mellom sulfatinnholdet i innsjøene og sulfatdeposisjonen. For småvannene på Jarfjordfjellet er dette illustrert i Figur 2.5, hvor midlere sulfatkonsentrasjoner (høstprøver) er plottet mot svoveldeposisjonen på Svanvik året før. Årsaken til at fjorårets sulfatdeposisjon ga en bedre korrelasjon med sulfatkonsentrasjonene i innsjøene enn samme årets deposisjon er trolig at det er en viss forsinkelse av svovelutvaskingen fra nedbørfeltet, og at innsjøenes oppholdstid forsinker reaksjonen. Selv om svoveldeposisjonen ved Svanvik ikke er helt lik deposisjonen ved Jarfjordvannene, er det sannsynlig at deposisjonene har en god samvariasjon fordi hovedkilden til deposisjonen er den samme (Pechenganickel).



Figur 2.5. Sulfatkonsentrasjoner (middelverdier) for 6 småvann på Jarfjordfjellet som funksjon av svoveldeposisjonen på Svanvik foregående år. Data for perioden 1987-1995. Deposisjonsdata fra NILU.

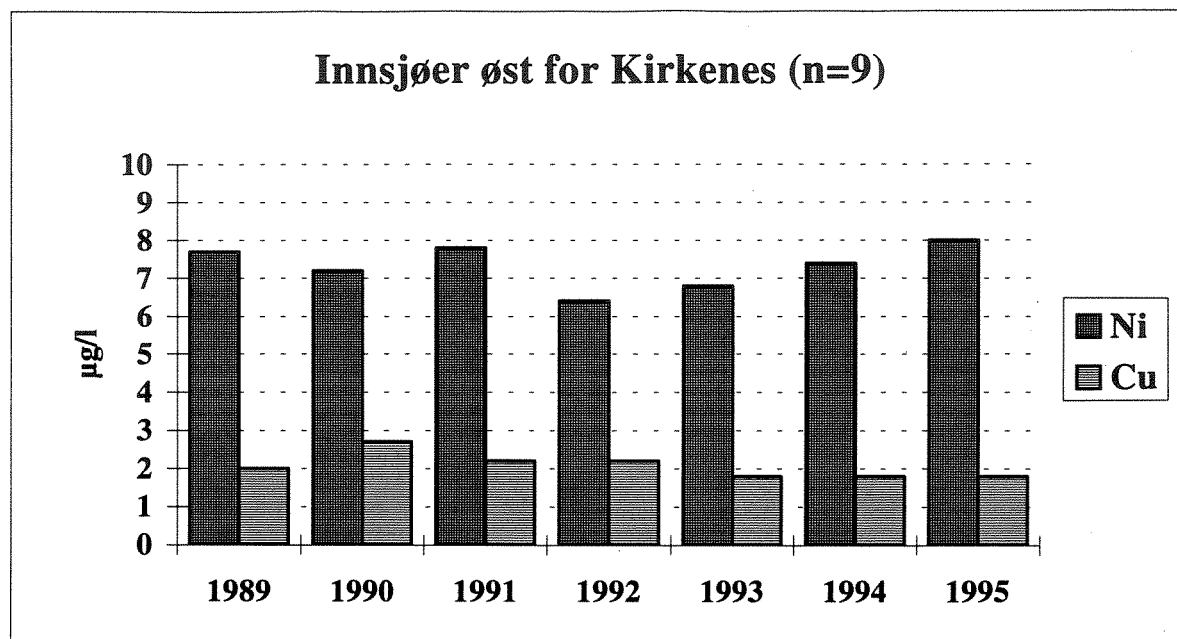
Tendensen mot en bedring i forurensingssituasjonen i de mest belastede innsjøene kan forklares med redusert svoveldeposisjon som følge av reduserte utslipp fra smelteverkene i Nikel og Zapolyarnij. Dette skyldes i stor grad redusert forbruk av den svovelrike Norilsk-malmen. I 1995 ble det ikke benyttet Norilsk-malm i Nikel (G. Kalabin, pers.medd.).

2.2 Tungmetaller i vann.

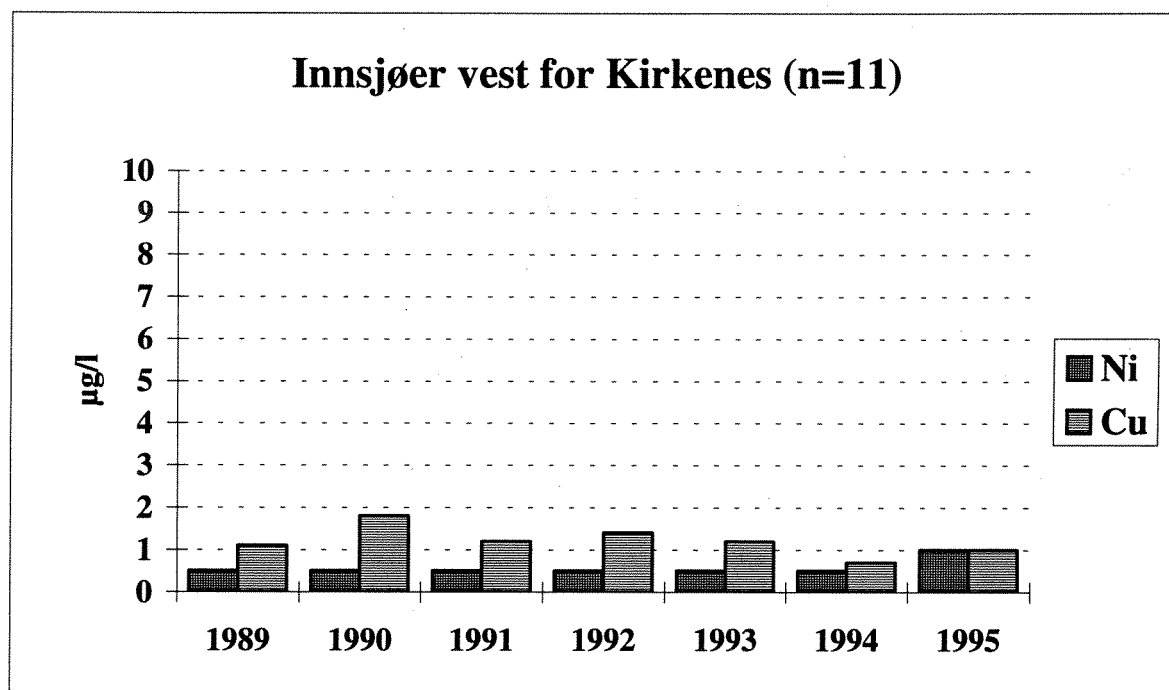
I 1989 ble det analysert på kobber, nikkell, sink, bly og kvikksølv i overvåkingssjøene. Av disse metallene var det bare nikkell og kobber som hadde konsentrasjoner over vanlige bakgrunnsnivåer. Fra 1990 ble derfor bare kobber og nikkell analysert. Analyseresultatene er vist i vedlegg.

På grunnlag av de felles norsk-russiske undersøkelsene i 1989/1990 (Traaen m.fl. 1991) ble det laget karter over den geografiske utbredelsen av nikkell- og kobberkonsentrasjoner i innsjøer i grenseområdene. Utbredelsen av tungmetallforurensningen fulgte det samme mønsteret som sulfat, men konsentrasjonene av nikkell og kobber avtok raskere fra utslippskildene. Konsentrasjonene var nede på bakgrunnsnivåer når avstanden var over ca 50 km fra utslippene. De høyeste konsentrasjonene på norsk område ble funnet mellom Kirkenes og Grense-Jakobselva. I vann nær grensen ble det registrert opp til 20 µg Ni/l og 5 µg Cu/l.

Analyser av tungmetaller i innsjøene startet i 1989. Middelkonsentrasjoner for nikkell og kobber for perioden 1989 til 1995 er vist i figur 2.6 og 2.7 for innsjøer beliggende hhv. øst og vest for Kirkenes.



Figur 2.6. Konsentrasjoner av nikkell og kobber i innsjøer øst for Kirkenes.



Figur 2.7. Konsentrasjoner av nikkell og kobber i innsjøer vest for Kirkenes.

Endringene i nikkellkonsentrasjonene fra et år til et annet er små, og tidsserien er for kort til å se noen klar utvikling. Det er allikevel påfallende at nikkellkonsentrasjonene i innsjøene øst for Kirkenes økte litt både i 1993, 1994 og 1995. Det er derfor ingen tegn til at konsentrasjonene av nikkell følger den nedadgående trenden som er registrert for sulfat. Dette bekreftes også av NILU's målinger ved Svanvik, som viste økende nikkellkonsentrasjoner i nedbør både i 1993 og 1994 (SFT 1994, SFT 1995). Konsentrasjonene av nikkell i innsjøer

vest for Kirkenes lå gjennomgående under deteksjonsgrensen på $1\mu\text{g/l}$. Kobberkonsentrasjonene var noe høyere øst for Kirkenes enn vest for Kirkenes, men var gjennomgående lave (ca $2\mu\text{g/l}$) i begge områdene.

På grunn av store mengder akkumulerte tungmetaller i jordsmonn og innsjøsedimenter (Rognerud m.fl.1993, Traaen m.fl. 1994) kan man ikke forvente like rask respons i innsjøene ved reduserte utlipp av tungmetaller som ved redusert svovelutslipp. For perioden 1.04.1990 til 31.03.1991 utarbeidet NILU et depositionskart for tørravsetninger av nikkel (Sivertsen m.fl. 1991). Deposisjonen rundt Otervatn, den overvåkingssjøen på norsk side som har høyest nikkelkonsentrasjon, var ca. 20 mg/m^2 pr. år. Legger vi til en våtdeposisjon på anslagsvis 3 mg/m^2 pr. år, blir totaldeposisjonen ca. 23 mg/m^2 pr. år. Ved en avrenning i området på ca. 18 l/s/km^2 tilsvarer dette en nikkelkonsentrasjon på $41\text{ }\mu\text{g/l}$ hvis hele depositionsjonen ble vasket ut. Målte konsentrasjoner av nikkel i Otervatn ligger rundt $20\text{ }\mu\text{g/l}$. Dette tyder på at omtrent halvparten av tilført nikkel akkumulerer i nedbørfeltets jordsmonn og innsjøsedimenter. Deposisjonen av kobber er omlag like stor som for nikkel. Konsentrasjonene av kobber i Otervatn ligger rundt $4\text{ }\mu\text{g/l}$. Dette tyder på at omtrent 90% av tilført kobber akkumulerer i nedbørfeltet. Den årlige tilvekst av organisk materiale i humussjiktet i nedbørfelt med spredt fjellbjørkeskog slik som i dette området, er svært liten. Derfor synes det rimelig å anta at konsentrasjonene av tungmetaller i området stadig øker. Dette er i god overensstemmelse med Steinnes sine undersøkelser av ombrogene myrer som hadde en meget høy anrikning av kobber og nikkel i de øverste få cm av torvprofilene (Traaen et al. 1994).

I tillegg til luftutslipp av tungmetaller, er det også betydelige utslipp av tungmetaller, spesielt nikkel, direkte til vann fra gruveområdene rundt Nikel. Det er identifisert 5 ulike kilder:

- 1) Avløpsvann fra smelteverket.
- 2) Avrenning fra velter.
- 3) Gruvevann
- 4) Avrenning fra avgangsdammer og
- 5) Avrenning fra slagghauger.

Foreløpige resultater fra undersøkelser som utføres i samarbeide med INEP og HYDROMET tyder på at tilførslene av nikkel til Kolosjoki er ca 50 tonn/år (referert i Moiseenko m.fl.1994), og at avrenning fra velter kan være en dominerende kilde. Kolosjoki renner ut i Kuetsjarvi som har utløp til Pasvikelva. Den planlagte ombyggingen av smelteverket vil trolig ha en begrenset virkning på utslippene til Kolosjoki.

3. OVERVÅKNING AV TUNGMETALLAVSETNING I INNSJØSEDIMENTER.

3.1 Innledning

Innsjøene på i Jarfjordområdet utsettes for atmosfæriske avsetninger av syrer og metaller fra metallverkene på Russisk side. De høyeste middelkonsentrasjonene i nedbør av kadmium, nikkel, arsen, kobolt, kopper og krom i landet måles på stasjonene Svanvik og Karpdalen (SFT 1995). Metallene er grunnstoffer som ikke brytes ned, men akkumuleres i humussjiktet og i innsjøenes sedimenter. Derfor behøver ikke eventuelle reduksjoner i avsetningene føre til reduserte konsentrasjoner i de ovennevnte deler av økosystemet. Hoveddelen av metaller som tilføres innsjøene fra nedbørfeltet, og de som er avsatt direkte på overflaten, knyttes til partikulært materiale som sedimenterer. Hensikten med undersøkelsen er derfor å følge utviklingen i konsentrasjonene av metaller i sedimenterende materiale, som vil gi et uttrykk for metallbelastningen av de akvatiske økosystemene.

Sedimentene i Dalvatn og Durvatn er tidligere godt undersøkt (Rognerud et al.1993). Innsjøene ligger eksponert til med hensyn til fremherskende vindretning fra verkene i Russland (Fig.3.1). Vi valgte derfor å overvåke utviklingen i disse innsjøene. I 1993 og 1995 ble sedimentfeller satt ut i slutten av juni og tatt opp like før islegging i slutten av september. I 1994 ble det ikke gjennomført undersøkelser. Innsjøene med nedbørfelt er vist i Fig.3.2. En del innsjøspesifikke egenskaper er gitt i Tab.3.1.

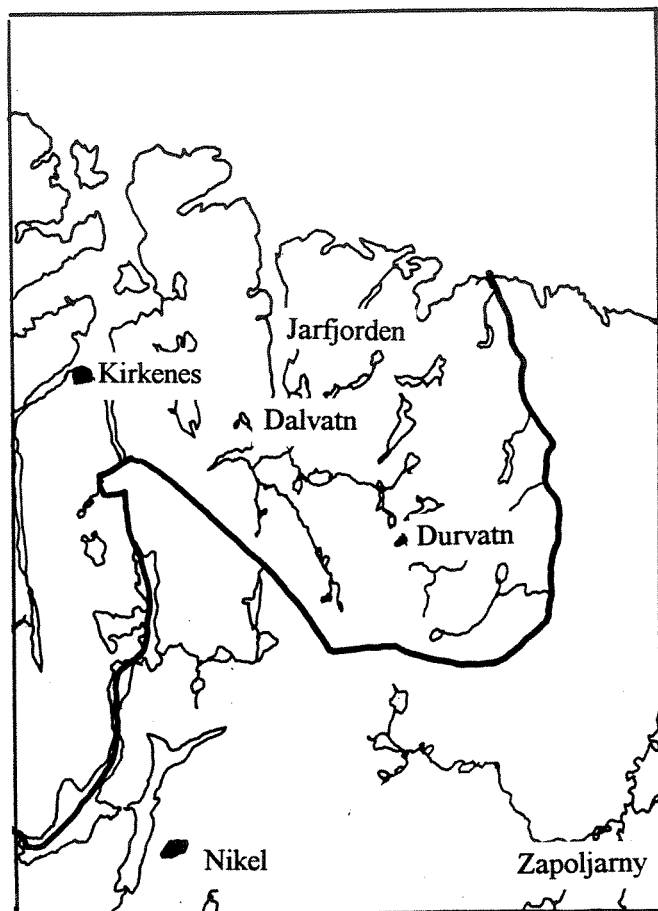
Tab. 3.1. Innsjøspesifikke data. A_n = nedbørfeltets areal inkl. innsjøen). A_0 = arealet av innsjøen, Z_{max} = innsjøens dypeste punkt, Z = innsjøens middeldyp, q_s = vannets oppholdstid.

Lokalitet	A_n	A_0 (km ²)	Z_{max} (m)	Z (m)	q_s (år)
Dalvatn	2,33	0,25	20	9,4	1,9
Durvatn	6,05	0,40	16	4,5	0,5

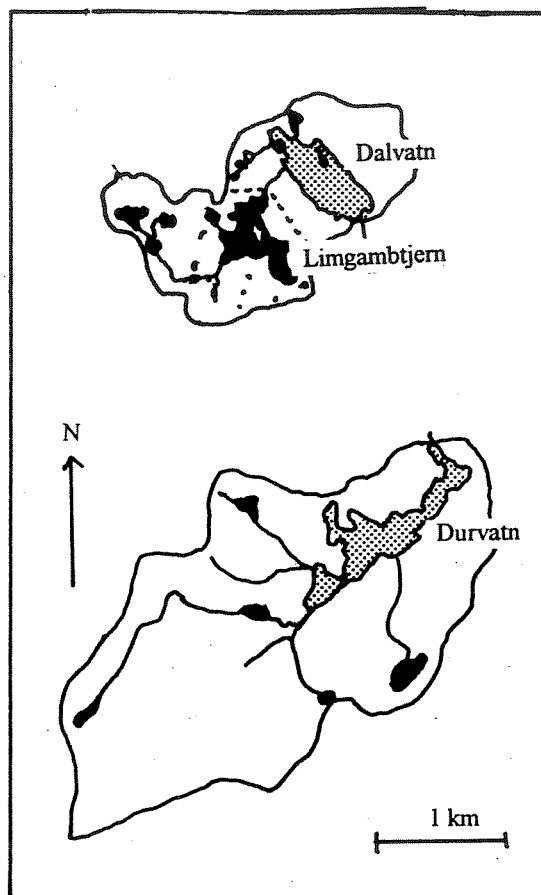
Begge innsjøene er dype nok til å inneholde akkumulasjonsedimenter. Durvatn har større gruntområder, kortere oppholdstid og er mer vindeksponert enn Dalvatn. Dette fører til at Durvatn er mer utsatt for resuspensjon av sedimenter i gruntområdene. Dette er videre med på å gi en høyere sedimentasjons-hastighet for sedimentene i de dypeste områdene enn f.eks. tilfelle er for Dalvatn.

3.2 Metoder

Detaljerte informasjon om fellenes plassering og konstruksjon er gitt i Traaen et al. 1994. I 1995 sto fellene ute i perioden 26/6-95 til 20/9-95, 1 m over bunnen på innsjøenes dypeste punkt. Materialet i fellene ble brakt til laboratoriet for videre bearbeiding. Det meste av vannet ble fjernet ved vakumavsug (inkl.filter) og resten tørket i plastbeger ved 60⁰ C. Materialet ble veid og sendt til analyse ved Svensk GrundemnesAnalys AB.



Figur 3.1. Lokalisering av de undersøkte innsjøene.



Figur 3.2. Dalvatn og Durvatn's nedbørfelter.

3.3 Resultater

Analysene av sedimentert materiale i fellene fra 1995 er gitt i Tab.3.2.

Tab.3.2. Analyser av sedimentert materiale i 1995.

Analysen merket E og M er analysert med henholdsvis ICP-AES og ICP-MS. Alle konsentrasjoner er gitt som $\mu\text{g/g}$ tørrvekt, untatt Al, Fe og Mn som gis i %.

	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	E	M	M	M	E	E	E	M	E	E	E	M	E	E
Dalv	1,4	15	6,7	160	40	436	2,6	0,40	0,1	318	69	0,6	18	271
Durv	0,8	29	2,0	478	51	483	12	0,26	1,6	652	110	0,3	73	146

I 1993 ble det sedimenterte materialet kun analysert på kobber, nikkel og bly da det er disse elementene som har vært de viktigste mht. mengde atmosfæriske avsetninger i regionen. I sedimentene er det tidligere i tillegg analysert på kadmium, kvikksølv, kobolt og sink (Rognerud & Fjeld 1993, Norton et al.1992, Rognerud et al. 1993). I tabell 3.3 har vi samstilt

resultatene fra overflatesedimentet (avsatt i perioden 1980-1990) og referansesedimentet (mer enn 400 år gamle) med data fra sedimentfellene i 1993 og 1995.

Tab. 3.3. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g}$ tørrvekt) av metaller i sedimentert materiale i 1993 og 1995 samt i overflate- (0-1 cm) og referanse-sedimentet (30-32 cm). Tidsepoker disse er avsatt er også gitt. I kolonnen merket Sedim. er gjennomsnittlig sedimentert mengder (μg tørrvekt/ cm^2 døgn) gitt for den tiden fellene har stått ute, sammen med daglige sedimentasjonsrater i sedimentene basert på dateringer (Norton et al 1992).

Dalvatn	Ni	Cu	Pb	Co	Zn	Hg	Cd	Sedim
Sedim. mat. 1995	318	436	69	160	271	0,40	6,7	10,6
Sedim. mat. 1993	301	615	121					5,7
O.fl. sed.(1980-90)	201	252	92	100	126	0,18	1,3	6,6
Ref. sed.(ca.1550)	37	134	7	60	122	<0,05	1	3,6
Durvatn								
Sedim. mat. 1995	652	483	110	478	146	0,26	2,0	27,2
Sedim. mat. 1993	273	250	80					5,1
O.fl. sed.(1980-90)	221	257	30	44	107	0,2	1,5	5,2
Ref sed.(ca.1600)	24	32	5	8	88	<0,05	0,20	5,2

3.4 Diskusjon

Sedimentert mengde.

Daglig sedimentert mengde var større i 1995 enn i 1993 i begge innsjøene. Vi mener dette skyldes unormalt mye regn og vind i 1995 i forhold til 1993. Dette har betinget en større tilrenning av partikulært materiale fra nedbørfeltet og en større grad av resuspensjon i 1995. Den økningen som ble observert i Dalvatn virker derfor å ligge innenfor det en kan forvente av naturlige svingninger. Økningen i Durvatn er derimot langt større enn det som kan forventes ut fra naturlige svingninger. Årsaken var bl.a. at dypvannet antagelig ble anoksisk under sommerstagnasjonen med påfølgende utløsning av Fe/Mn- forbindelser fra sedimentet. Disse oksiderte senere i sirkulasjonen og fellene ble anrikt på disse oksidene. Fellene står 1m over bunnen og de var klart farget av jernavsetningene. Oksidene avsettes på hele sedimentrøret og gir for høge verdier for sedimentert materiale. Denne red-oks avhengige prosessen vil også medvirke til at konsentrasjonene av elementer som er sterkt assosiert til Fe/Mn slik som kobolt vil opptre i langt høyere konsentrasjoner enn det som ville vært tilfelle uten et anoksisk miljø.

Kopper, nikkell, og bly

Konsentrasjonene av kobber og nikkell i sedimentert materiale økte betydelig fra 1993 til 1995 i Durvatn. Noe av dette kan skyldes remobilisering fra sedimentet i forbindelser ved jernutløsningen, men tilførselen fra nedbørfeltet kan også ha bidratt til økningen. I Dalvatn avtok konsentrasjonene av kobber, mens nikkell var på samme nivå. Vi kan imidlertid konkludere med at konsentrasjonene i sedimentert materiale fra 1993 og 95 i begge innsjøene var høyere enn konsentrasjonene i sedimentets toppsjikt, representert ved avsetninger i perioden 1980-90.

For bly var konsentrasjonene nær de samme. Bly er det elementet der andelen avsetninger på innsjøoverflaten betyr mest. Tidligere beregninger viser at over halvparten av den total årlige belastning avsettes direkte på innsjøoverflaten for dette elementet (Traaen et al 1994). Da konsentrasjonene ved nedbørstasjonene har vært relativt konstant siden 1988 er derfor utviklingen mot små endringer for blykonsentrasjonene i innsjøene forklarlig. For de andre elementene, der største delen av belastningen til innsjøenes kommer fra nedbørfeltet, kan konsentrasjonene synes å være stigende.

Sedimentene reflekterer avsetninger gjennom hele året, mens fellene står ute bare i den isfrie delen. Undersøkelser har imidlertid vist at det er i denne perioden hoveddelen av materialet avsettes (James & Barco 1993). Vi antar derfor at konsentrasjonene er representative for de sedimentene som avsettes etter 1990. På denne bakgrunn er det rimelig å anta at metallbelastningen av innsjøene ikke har avtatt siden 1990, men antagelig har økt. Målinger av konsentrasjoner i nedbørsvann viser ingen endringer i avsetningen av betydning for disse elementene siden 1988 (SFT 1995).

Den sterke bindingsgraden metallene har i humussjiktet gjør at mengden i nedbørfeltene vil øke med årene. Dersom vi forutsetter en tilnærmet konstant transport av uorganisk materiale til innsjøene og ingen endret forsureningstilstand, så vil tilveksten i organisk materiale i humussjiktet være viktig for konsentrasjonene av materiale som tilføres innsjøen. Dersom andelen av metallene som avsettes direkte på innsjøoverflaten ikke har endret seg nevneverdig de siste 10 årene (rimelig å anta ut fra målingene i nedbør) så kan resultatene indikere at

tilveksten av organisk materiale i humusjiktet er for liten i forhold til metalldeposisjonene. Konsentrasjonene i materialet fra nedbørfeltet vil derfor bli økende.

Sink og kadmium

Konsentrasjonene i sedimentert materiale i 1995 var klart høyere enn verdiene i overflatesedimentet som er avsatt på 80-tallet. Det er imidlertid rimelig å anta at en del av mengden kadmium og sink som var assosiert til dette sedimenterende materialet vil løses ved avsetning på sedimentoverflaten da begge er relativt mobile elementer. Likevel kan resultatene gi indikasjoner på at konsentrasjonen også er stigende for disse elementene, og en forsuring i nedbørfeltet kan ha økt bidraget til innsjøene betraktelig for slike mobile elementer.

Arsen, kobolt og krom

Disse elementene har også klart forhøyede verdier på nedbørstasjonene ved Svanvik og i Karpdalen. Verdiene av våtdeponeringene for disse elementene var høyest på disse stasjonene av alle som inngår i den nasjonale overvåkningserien (SFT 1995). Det finnes ikke data fra disse elementene i sedimentene fra innsjøene, men arsen og krom har klart høyere verdier i sedimentert materiale fra 1995 enn det som vanligvis observeres i innsjøsedimenter (data fra nasjonale undersøkelser som ennå ikke er publisert). Det er derfor rimelig å anta at innsjøsedimentene akkumulerer materiale med konsentrasjoner betydelig over referansenivået også for disse elementene. Konsentrasjonen av kobolt i sedimentert materiale i Dalvatn var nær det som observeres i overflatesedimentet og viser at konsentrasjonene har økt med en faktor på 2-3 fra før-industriell tid. I Durvatn representerer ikke de høye koboltverdiene "sanne tall" for konsentrasjoner i sedimenterende materiale. Dette elementet er nært knyttet til den geokjemiske syklusen for jern og mangan (Pendias & Pendias 1989). De høye verdiene skyldes utfellingen av jern/mangan oksider med assosiert kobolt, etter utløsningen fra sedimentet under den anoksiske perioden.

Kvikksølv og vanadium.

Disse elementene er generelt anriktet i områder som er utsatt for stort nedfall av langtransporterte forurensninger. Generelt har Finnmark lave konsentrasjoner i innsjøsedimenter av disse elementene. De konsentrasjoner som er observert i sedimenterende materiale i 1995 er høyere enn dette. Årsaken er at metallverkene i Russland og annen aktivitet knyttet til disse, også har gitt økte utslipp til luft for disse elementene. Dette forholdet er også tidligere dokumentert for kvikksølv i regionale sedimentundersøkelser (Rognerud et al. 1993).

Konklusjon

Selv om vi må forvente at noe av metallene som er knyttet til sedimenterende materiale vil tilbakeføres til vannfasen når dette materialet danner sedimenter, så er konsentrasjonene så høye at vi mener det er klare indikasjoner på at konsentrasjonene av nikkel, kobber, arsen, kadmium og sink er økende i sedimentert materiale etter 1990. Dette har sannsynligvis en sammenheng med en økt konsentrasjon i materialet som tilføres innsjøene fra nedbørfeltet, slik som vist i beregninger i kapittel 2.2. Dette til tross for at deposisjonene synes å ha vært nær de samme siden slutten av 80-årene. En fortsatt overvåkning vil vise om denne trenden vil holde seg i årene fremover.

LITTERATUR.

- James, F. J. & Barco, J. W. 1993. Sediment resuspension, redeposition, and focusing in a small dimictic reservoir. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1023-1028.
- Moiseenko, T., M.Mjelde, T.E.Branderud, P.Brettum, V.Dauvalter, L.Kagan, N.Kashulin, L. Kudravtseva, A.Lukin, S.Sandimirov, T.S.Traaen, O.Vandysh og V.Yakovlev 1994. Pasvik River Watercourse, Barents Region: Pollution Impacts and Ecological Responses. Investigations in 1993. NIVA-rapport, løpenr.3118
- Norton et al. 1992. Trace metal pollution in eastern Finnmark, Norway, as evidenced by studies of lake sediments. SFT-rapport 487/92.
- Pendias, A. K. & Pendias, H. 1989. Trace elements in soil and plants. CRC-press.INC.313s.
- Rognerud, S. & Fjeld, E. 1993. Regional survey of heavy metals in lake sediments in Norway. *Ambio* Vol. 22, No. 4. 206-212.
- Rognerud, S., S.A.Norton og V.Dauvalter 1993. Heavy metal pollution in lake sediments in the border areas between Russia and Norway. Statlig program for forurensningsovervåking. SFT-rapport 522/93. NIVA-rapport løpenr. 2869.
- SFT 1994. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 583/94, TA-1134/1994. SFT.
- SFT 1995. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 628/95, TA-1273/1995. SFT.
- Sivertsen, B., L.O.Hagen, O.Hellevik og J.F.Henriksen 1991. Luftforurensninger i grenseområdene Norge/Sovjetunionen januar 1990 - mars 1991. NILU OR:69/91.
- Traaen, T.S. 1987. Forsuring av innsjøer i Finnmark.- Statlig Program for Forurensningsovervåking. SFT-rapport 299/87.
- Traaen, T.S., S. Rognerud og A. Henriksen 1990. Forsuring og tungmetallforurensning i små vassdrag i Sør-Varanger. Undersøkelser i 1989.- Statlig Program for Forurensningsovervåking. SFT-rapport 402/90.
- Traaen, T.S. 1991. Forsuring og tungmetallforurensning i Sør-Varanger. Fremdriftsrapport for 1990. Statlig Program for Forurensningsovervåking. SFT-rapport 481/92.
- Traaen, T.S., T. Moiseenko, V. Dauvalter, S. Rognerud, A. Henriksen and L. Kudravseva 1991. Acidification of Surface Waters. Nickel and Copper in Water and Lake Sediments in the Soviet-Norwegian border areas.- Working group for water and environmental problems under the Norwegian-Soviet environmental commission. Oslo and Apatity.

- Traaen, T.S., Henriksen, A., Kallqvist, T. og Wright, R. R. 1993. Forsurning og tungmetall-forurensning i grenseområdene Norge/Russland. Vannkjemiske undersøkelser 1986-1992. SFT-rapport 511/93. 47 sider.
- Traaen, T.S., S.Rognerud og E.Steinnes 1994. Forsurning og tungmetall-forurensning i grenseområdene Norge/Russland. Årsrapport 1993. SFT-rapport 567/94. 30 sider.
- Wright, R.F. and T.Traaen 1992. Dalelva, Finnmark, northernmost Norway: prediction of future acidification using the MAGIC model. Statlig program for forurensnings-overvåking. SFT-rapport 486/92. TA-835/1992. NIVA-rapport løpenr: 2728.

VEDLEGG

	Side
Overvåkingssjøer i Sør-Varanger	20
Kjemiske analyseresultater fra overvåkingssjøene i 1995	21

Overvåkingssjøer i Sør-Varanger med årlig prøvetaking.

Kommune	Vann.nr.	Navn	Kartblad	UTM- ØV	UTM-NS	h.o.h.(m)
2030	501	BÅRJASJAVRI	24343	6093	77198	150
2030	502	FISKVATN	24343	6019	77248	191
2030	503	SKAIDEJAVRI	23341	5809	77594	322
2030	504	RÅTJERN	23341	5840	77535	264
2030	603	OTERVATNET	25343	4134	77178	293
2030	607	ST.VALVATNET	25343	4093	77360	157
2030	612	L.DJUPVATNET	24342	4067	77350	211
2030	614	LANGVATNET	24342	3913	77383	90
2030	619	FØLVATNET	23331	5762	76839	177
2030	621	ST.ABBORVATN	23331	5874	76988	216
2030	622	ABBORVATNET	24334	4958	77097	176
2030	624	ULEKRISTAJAVRI	24343	5955	77156	242
2030	625	HOLMVATNET	24343	6053	77355	146
2030	630	VEGVATNET	23342	5878	77294	101
2030	701	SERDIVATN	24342	3981	77242	171
2030	702	VIERRAJAVRI	25343	4092	77205	256
2030	703	L.VALVATNET	25343	4093	77299	234
2030	704	FIGENSCHOUV.	25343	4151	77307	200
2030	705	F.HØGFJELLV.	25343	4154	77371	243
2030	706	NAMAHISJAVRI	23341	5850	77438	177
2030	JAR-05	NAVNLØS	24342	4076	77328	270
2030	JAR-06	NAVNLØS	24342	4075	77338	310
2030	JAR-07	NAVNLØS	25343	4084	77349	255
2030	JAR-08	NAVNLØS	25343	4090	77352	263
2030	JAR-12	NAVNLØS	25343	4124	77338	291
2030	JAR-13	NAVNLØS	25343	4116	77328	271

Kjemiske data for overvåkingsjøer i Sør-Varanger (kommune 2030) i 1995.
 Alle prøvene er tatt 18. september 1995.

Vann	Navn	pH	Kond. mS/m	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	Sulfat mg/l	Nitrat µgN/l	Alkalitet µekv/l	TOC mg/l	Al/r µg/l	Al/i µg/l	Al/II µg/l	Ni µg/l	Cu µg/l
501	BÅRJASJAVRI	6.49	2.01	1.09	0.41	1.73	0.16	2.6	2.7	<1	37	2.0	10	<10	0	1	0.8
502	FISKVATN	6.49	2.15	1.30	0.43	1.81	0.14	3	2.7	4	36	1.6	39	22	17	1	1.0
503	SKAIDEJAVRI	5.89	1.74	0.67	0.33	1.72	0.10	3	2.2	26	12	0.7	15	11	4	<1	<0.5
504	RÅTJERN	5.89	1.88	0.72	0.35	1.78	0.14	3.1	2.5	4	15	0.9	10	11	-1	<1	0.5
603	OTERVATNET	6.26	2.75	1.35	0.77	2.22	0.19	3	5.4	<1	34	2.9	10	11	-1	20	4.4
607	ST.VALVATNET	6.44	3.23	1.36	0.73	3.03	0.28	4.9	4.8	22	31	1.2	13	<10	3	6	2.0
612	L.DJUPVATNET	5.39	3.17	1.02	0.64	2.98	0.20	5.1	5.1	4	2	0.5	29	<10	19	7	1.0
614	LANGVATNET	6.11	3.22	1.31	0.70	3.27	0.20	5.4	4.3	4	24	2.8	37	27	10	4	1.3
619	FØLVATNET	6.54	1.74	1.23	0.38	1.13	0.22	1.5	3.2	<1	44	2.1	<10	<10	0	<1	0.6
621	ST.ABBORVATN	6.54	1.58	1.00	0.40	1.09	0.30	1.3	2.5	4	49	2.6	<10	<10	0	<1	0.7
622	ABBORVATNET	6.60	1.87	1.33	0.43	1.33	0.28	1.9	2.5	<1	61	2.8	10	<10	0	1	1.0
624	ULEKRISTAJAV	6.29	1.64	1.01	0.33	1.28	0.15	1.8	2.6	4	27	1.7	15	<10	5	<1	0.8
625	HOLMVATNET	6.30	2.56	1.22	0.51	2.43	0.22	4.2	3.3	10	28	1.3	15	<10	5	2	0.7
630	VEGVATNET	6.72	2.48	1.66	0.59	1.98	0.20	3	3.5	4	66	2.2	20	<10	10	4	1.0
701	SERDIVATN	6.27	3.59	2.01	0.80	2.84	0.33	4.3	7.3	<1	25	1.3	<10	<10	0	13	2.7
702	VIERRAJAVRI	6.98	3.62	2.29	1.00	2.99	0.32	3.8	4.9	<1	125	1.0	<10	<10	0	4	1.2
703	L.VALVATNET	6.15	2.84	1.16	0.63	2.81	0.21	4.4	4.5	4	16	1.1	10	<10	0	6	1.5
704	FIGENSCHOUV.	6.51	2.82	1.35	0.65	2.64	0.19	3.9	4.6	<1	38	1.6	15	11	4	6	1.2
705	F.HØGFJELLV.	5.59	3.19	0.95	0.66	3.24	0.22	5.6	4.7	<1	4	0.7	29	<10	19	6	1.0
706	NAMAHISJAVRI	6.64	2.39	1.49	0.48	2.13	0.35	3.4	2.7	21	54	2.2	15	<10	5	1	3.1
JAR-05	NAVN LØS	5.41	2.41	0.80	0.46	2.25	0.15	3.8	4.1	<1	0	1.0	34	<10	24	8	1.3
JAR-06	NAVN LØS	4.90	2.70	0.61	0.44	2.41	0.15	4.1	3.9	<1	0	0.8	74	<10	64	11	2.1
JAR-07	NAVN LØS	5.73	2.45	0.93	0.48	2.37	0.22	3.7	4.1	<1	8	1.0	15	<10	5	7	1.0
JAR-08	NAVN LØS	5.34	3.02	1.10	0.58	2.82	0.21	4.7	5.1	4	0	0.3	52	<10	42	11	1.5
JAR-12	NAVN LØS	4.97	2.85	0.77	0.49	2.55	0.17	4.4	4.4	<1	0	0.6	89	<10	79	12	2.1
JAR-13	NAVN LØS	6.15	2.71	1.34	0.58	2.41	0.19	3.5	5.2	<1	20	1.4	15	11	4	8	1.1



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3458-96

ISBN 82-577-2995-7